



Sección III. Otras disposiciones y actos administrativos

ADMINISTRACIÓN DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA CONSEJERÍA DE EMPRESA, EMPLEO Y ENERGÍA

2797

Resolución del consejero de Empresa, Empleo y Energía, a propuesta del director general de Economía Circular, Transición Energética y Cambio Climático, por la que se aprueba el Protocolo de medida del carbono orgánico en el suelo y factores de absorción relacionados dentro del marco de los proyectos de compensación del Registro balear de huella de carbono

En fecha 6 de marzo de 2025, el director general de Economía Circular, Transición Energética y Cambio Climático ha formulado la Propuesta de resolución siguiente:

Antecedentes

1. En fecha 1 de enero de 2022, entró en vigor el Decreto 48/2021, de 13 de diciembre, regulador del Registro balear de huella de carbono.
2. Los sujetos indicados en el artículo 2.1 del Decreto 48/2021 están obligados a inscribir en la sección 2, en caso de que los tengan, los proyectos de absorción o de reducción de dióxido de carbono que sean de su titularidad y que estén situados en el territorio de las Illes Balears. En cambio, inscribir estos proyectos es voluntario para los sujetos indicados en el artículo 2.5 del Decreto 48/2021.
3. Según el artículo 13.9 del Decreto 48/2021, la consejería competente en materia de cambio climático debe establecer, mediante una resolución en el *Boletín Oficial de las Illes Balears*, las metodologías de cálculo de las absorciones de CO₂ generadas por los proyectos y se deben determinar los factores de absorción a aplicar.

Fundamentos de derecho

1. El Decreto 48/2021, de 13 de diciembre, regulador del Registro balear de huella de carbono (BOIB n.º 171, de 14 de diciembre de 2021)
2. La Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público (BOE n.º 236, de 2 de octubre de 2015).
3. La Ley 3/2003, de 26 de marzo, de Régimen Jurídico de la Administración de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears (BOIB n.º 44, de 3 de abril de 2003).

Propuesta de resolución

Propongo al consejero de Empresa, Empleo y Energía que dicte una resolución en los términos siguientes:

1. Aprobar el Protocolo de medida del carbono orgánico en el suelo y factores de absorción relacionados dentro del marco de los proyectos de compensación del Registro balear de huella de carbono, que se detalla en el anexo adjunto, a efectos de aplicar el Decreto 48/2021, de 13 de diciembre, regulador del Registro balear de huella de carbono.
2. Notificar esta resolución a la Oficina Española del Cambio Climático (OECC) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico para su conocimiento.
3. Publicar esta resolución en el *Boletín Oficial de las Illes Balears*.
4. Publicar esta resolución en el web <https://canvclimatic.caib.es>.

Por todo ello, dicto la siguiente

RESOLUCIÓN

Manifiestar la conformidad con la propuesta de resolución y dictar resolución en los mismos términos.

Interposición de recursos

Contra esta resolución, que agota la vía administrativa, se puede interponer un recurso potestativo de reposición ante el consejero de

Empresa, Empleo y Energía en el plazo de un mes a contar desde el día siguiente de su notificación, de acuerdo con el artículo 124 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, y el artículo 57 de la Ley 3/2003, de 26 de marzo, de Régimen Jurídico de la Administración de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears.

También se puede interponer directamente un recurso contencioso-administrativo ante la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Superior de Justicia de las Illes Balears en el plazo de dos meses a contar desde el día siguiente de la notificación, de acuerdo con el artículo 46 de la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

Palma, 11 de marzo de 2025

El consejero de Empresa, Empleo y Energía
Alejandro Sáenz de San Pedro García

Palma, 7 de marzo de 2025

El director general de Economía Circular, Transición Energética y Cambio Climático
Diego Víu Domínguez

ANEXO

PROTOCOLO DE MEDIDA DEL CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO Y FACTORES DE ABSORCIÓN RELACIONADOS DENTRO DEL MARCO DE LOS PROYECTOS DE COMPENSACIÓN DEL REGISTRO BALEAR DE HUELLA DE CARBONO

0. ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
 2. MATERIAL Y EQUIPOS DE MUESTREO
 3. DISEÑO DEL MUESTREO Y RECOGIDA DE MUESTRAS
 4. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO
 5. PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO
 6. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA DETERMINAR EL COS
 7. SITUACIÓN DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO DE LAS ILLES BALEARS
 8. CONJUNTO DE BUENAS PRÁCTICAS QUE PUEDEN CONTRIBUIR A INCREMENTAR EL CARBONO ORGÁNICO AL SUELO Y FACTORES DE ABSORCIÓN VINCULADOS
- BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

El día 1 de enero de 2022 entró en vigor el Decreto 48/2021 de 13 de diciembre, regulador del Registro balear de huella de carbono. Este obliga a la Administración autonómica y las medias y grandes empresas que cuentan con centros de trabajo situados en las Baleares con una suma del personal laboral asociado a estos centros de igual o más de 50 personas, o con un volumen de negocios anual o un balance general anual de la sede fiscal ubicada en las Baleares de más de 10 millones de euros, a declarar el alcance 1 y 2 de su huella de carbono. Esta declaración es voluntaria para el resto del tejido empresarial, las organizaciones públicas o privadas, y para las personas físicas que desarrollen su actividad total o parcialmente en las Baleares. Además, el Decreto establece que las empresas obligadas indicadas anteriormente, en caso de que sean titulares de proyectos de absorción o reducción de carbono situados en las Baleares, están obligadas a registrarlos en el Registro Balear. También lo pueden hacer de forma voluntaria el resto del tejido empresarial, las organizaciones públicas o privadas, y también las personas físicas que desarrollen su actividad total o parcialmente en las Illes Balears.

Por este motivo, se pone a disposición del usuario el *Protocolo de medida del carbono orgánico al suelo y factores de absorción* relacionados dentro del marco de los proyectos de compensación del registro balear de huella de carbono. Se ha elaborado a partir del *Protocolo de medida, monitorización, informe y verificación del carbono orgánico del suelo en paisajes agrícolas* (FAO, 2020), y de aportaciones de expertos en la materia de la Universitat de les Illes Balears y del Comité de expertos para la Transición Energética y el Cambio Climático de las Illes Balears. Su objetivo es servir como herramienta porque un promotor de un proyecto de absorción pueda demostrar que, con la implementación de buenas prácticas, consigue incrementar el carbono orgánico del suelo (en adelante, COS) de las parcelas objeto del proyecto respecto de una situación de partida.

Hay que remarcar que la restauración de tierras degradadas y el incremento del carbono almacenado en el suelo que se puede conseguir con la aplicación de buenas prácticas, especialmente agrícolas, juegan un papel importante en la seguridad alimentaria, la adaptación de los



sistemas alimentarios y de las personas al cambio climático y en la mitigación de las emisiones producidas por la actividad humana.

La aplicación de este protocolo se tendrá que ajustar al contenido de la Norma UNE-EN ISO 14064-2, la que estipula que se tiene que demostrar un incremento de las absorciones en el escenario del proyecto respecto al escenario de la línea base, es decir, respecto a las que hayan ocurrido en ausencia del proyecto.

2. MATERIAL Y EQUIPOS DE MUESTREO

Este protocolo requiere un **mínimo de material** para poder llevar a cabo el muestreo de campo, que es el siguiente:

- Martillo y pedazo de madera protector del cilindro a las veces.
- Bolsas de plástico con cierre para guardar las muestras de suelo.
- Cilindro metálico de volumen conocido.
- Paleta de jardín, cuchillo de campo, pala y raspador manual.
- Cepillo para la limpieza del material.
- Metro o regla para medir la profundidad de las capas de suelo.
- Un par de guantes para recoger y manipular las muestras.
- Portapapeles impermeable y formularios de papel para rellenar los datos del muestreo.
- Bolígrafos, lápices y/o rotuladores permanentes.
- Dispositivo de medida GPS.
- Bolsa grande para guardar y transportar el material de muestreo.
- Material personal: agua y comida, calzado adecuado, etc.

3. DISEÑO DEL MUESTREO Y RECOGIDA DE MUESTRAS

Se dividirá el **área del proyecto** en **áreas de características homogéneas** en función de la topografía, el color, la profundidad, las pendientes, la pedregosidad, la textura, los cultivos anteriores, el tipo de gestión, etc. (ver la Figura 1). En términos generales, se recomienda que la superficie de las zonas homogéneas no sea superior a las 5 ha. En caso de superficies más grandes, se propone establecer subzonas homogéneas de esta superficie más grande.

Dentro de cada área homogénea se tomarán de forma sistemática un número determinado de **muestras compuestas**, de las cuales se marcará la ubicación en coordenadas GPS (ver la Figura 1). Este muestreo sistemático se basará en la creación de una malla, preferentemente cuadrada (su forma se podrá ajustar en función de la tipología del terreno), sobre el área homogénea y en cada uno de sus vértices se ubicará el punto de muestreo de la muestra compuesta. La medida del lado de malla tendrá que permitir localizar el mínimo de puntos de muestreo necesarios por a cada zona homogénea, el que se detalla más adelante. De forma genérica, la medida del lado de malla se determinará de la forma siguiente:

$$l = \left(\frac{A}{n} \right)^{0,5}$$

Dónde:

- **l (m)**: medida del lado de la malla.
- **A (m²)**: superficie de la zona homogénea homogénea.
- **n**: nombre de muestras compuestas que se tienen que tomar dentro de cada zona homogénea.

Cada muestra compuesta estará formada por un mínimo de 5 a 15 submuestras, las cuales serán recogidas dentro de un radio de 10 m alrededor del punto marcado en GPS y se mezclarán para obtener la muestra compuesta (veáis la Figura 1). El peso de la muestra compuesta lo determinará el laboratorio de análisis, que generalmente se acerca a 1 kg.

El número de muestras compuestas que se tienen que tomar dentro de cada zona homogénea dependerá de su superficie, siendo así:

- Para zonas homogéneas < 1,5 ha: un mínimo de 3 muestras compuestas.
- Para zonas homogéneas d'1,5-2,5 ha: un mínimo de 4 muestras compuestas.
- Para zonas homogéneas de 2,5-5 ha: un mínimo de 5 muestras compuestas.
- Para zonas homogéneas de 5-50 ha: un mínimo de 5 muestras compuestas, con una muestra adicional por cada 5 ha por encima de las 5 ha.



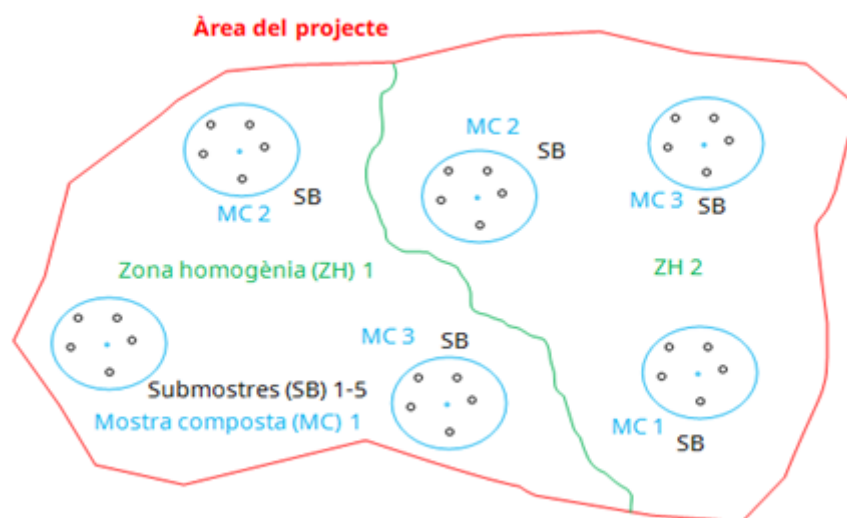


Figura 1. Croquis del muestreo en suelo en una área de un proyecto. Fuente: elaboración propia.

Se tendrá que tener en cuenta no muestrear áreas que no sean representativas de la zona homogénea, como bordes de caminos y construcciones, puntos de excrementos de animales, puntos de agua, veredas de animales, etc., por la cual cosa esa superficie será descontada del proyecto.

Por cada muestra compuesta se tomarán medidas en unos **intervalos de profundidad ajustados a la profundidad de los horizontes** o capas diferenciadas de composición homogénea (color, estructura, compactación, etc.) del suelo y hasta una profundidad de unos 30 cm, que se podrá ampliar hasta 50 o 100 cm. En cualquier caso, se tiene que evitar mezclar la tierra entre los horizontes. En caso de que no sea posible diferenciar los horizontes, se podrán tomar las medidas a los intervalos de profundidad de 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm o 50-100 cm. Además, antes de tomar las muestras, se tendrá que retirar la vegetación herbácea y los restos orgánicos depositados sobre la superficie del suelo (restos vegetales, fertilizantes orgánicos, etc.). También, las muestras que no se destinen al cálculo de la densidad aparente se enviarán a laboratorio sin piedras, puesto que la determinación del COS se hará solo en la tierra fina (<2 mm).

Así mismo, por cada muestra compuesta se tomarán como mínimo 3 medidas de **densidad aparente** por cada intervalo de profundidad de suelo medido. De forma ideal, se pueden tomar tantas medidas de densidad aparente como núcleos de suelo tomados, incluso usando el mismo núcleo utilizado para recoger la muestra para el análisis del COS. Es importante remarcar que la densidad aparente de la muestra compuesta será la media de las densidades de todas las medidas tomadas (mínimo 3 medidas), por la cual cosa la muestra de suelo de cada medida se tendrá que enviar con posterioridad al laboratorio de forma individualizada, indicando el volumen de cada muestra. En el laboratorio, una vez se haya separado la tierra fina de los elementos gruesos y se haya determinado su peso seco, se podrá calcular la densidad aparente de cada muestra.

La determinación de la densidad aparente se podrá hacer utilizando algunos de los métodos de medida directa siguientes:

- **Método del cilindro:** este método es adecuado para suelos con pocos elementos gruesos. Consiste a recoger, dentro del intervalo de profundidad que se tiene que analizar, un volumen conocido de suelo utilizando un anillo metálico (núcleo intacto) y se determinará posteriormente el peso después del secado (con posterioridad en el laboratorio). Al lugar de la muestra se hará una pequeña excavación, con las paredes lo más verticales posibles (evitando la forma de “V”), con una profundidad igual a los intervalos de profundidad a muestrear. Se clavará el anillo al intervalo de suelo a muestrear, siempre con ayuda de un martillo para golpear y un trozo de madera para proteger el anillo. Siempre se tiene que evitar compactar la muestra. El suelo de alrededor del anillo se retirará a fin de poder extraer el anillo de forma intacta. Se eliminará el exceso de tierra del exterior del anillo y se cortarán con tijeras las raíces que sobresalgan del cilindro. El volumen del núcleo recomendable suele ser de 100 cm^3 , con un diámetro superior a 50 mm e inferior a 100 mm.
- **Método de la cavidad:** este método es adecuado para suelos con abundantes elementos gruesos. Consiste a excavar una cantidad de suelo, extrayéndolo y pesándolo, y determinando el volumen de la excavación rellenando el hoyo con arena o agua. Hay que tener mucho cuidado y asegurar que la parte superior de la excavación sea lo más horizontal posible, lo que permitirá afinar el cálculo del volumen. Es por eso que, en zonas de pendiente, habrá que preparar el lugar de muestreo tal como se muestra a la figura siguiente:



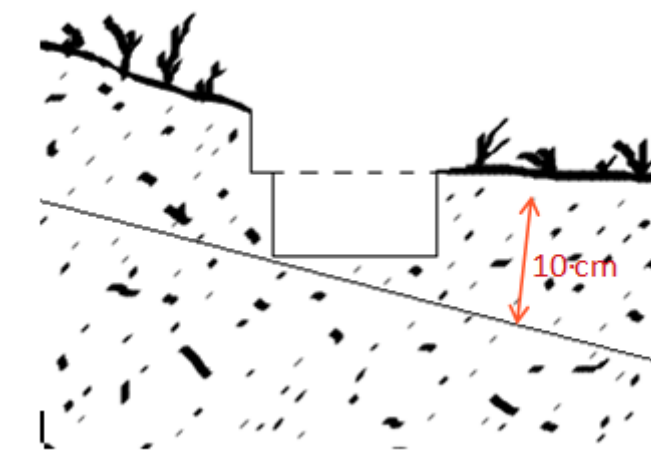


Figura 2. Preparación del lugar de muestreo en zonas de pendiente para el método de la cavidad. Fuente: elaboración propia.

La profundidad del hoyo, la determinará el grosor del intervalo de profundidad a muestrear. Una vez eliminada la pendiente, todo el suelo excavado se guardará para determinar su peso después del secado (con posterioridad en el laboratorio). La estimación del volumen de la muestra de suelo resultará del cociente entre la masa y la densidad del material utilizado para rellenar el hoyo (arena o agua, de densidad conocida). Los volúmenes recomendados de los hoyos irán en función del porcentaje de elementos gruesos del suelo a muestrear: $<100\text{ cm}^3$ ($<30\%$ de elementos gruesos), $200\text{-}1.000\text{ cm}^3$ ($30\text{-}50\%$ de elementos gruesos) o $>5.000\text{ cm}^3$ ($>50\%$ de elementos gruesos).

La fracción gruesa del suelo tiene una capacidad insignificante para almacenar carbono orgánico. Por lo tanto, tanto la fracción de tierra fina ($<2\text{ mm}$) como los elementos gruesos de la muestra serán separados con posterioridad en el laboratorio mediante un tamizado húmedo, pensándose también después de secarlos para determinar la densidad aparente y poder estimar adecuadamente las existencias de COS.

Las muestras de suelo se recogerán en bolsas de plástico herméticas y la mayor parte del aire se eliminará inmediatamente después del muestreo. Además, las muestras no se tienen que almacenar húmedas, puesto que podría afectar cuantitativamente el COS. Si no es posible secarlas inmediatamente después del muestreo, se tienen que almacenar a oscuras a 4°C durante menos de 28 días, esto permitirá reducir la actividad microbiana y evitar la pérdida de materiales orgánicos. No se recomienda congelar. En caso de muestras con grandes cantidades de raíces o microfauna, hay que procesarlas como mucho en el plazo de una semana, de forma que la concentración de COS no resulte alterada por la descomposición de estos componentes.

Cada una de las muestras recogidas será **etiquetada**, como mínimo, con la información siguiente: ID de la muestra (submuestra – muestra compuesta – zona homogénea), nombre de la finca, ubicación GPS, fecha, intervalo de profundidad del suelo (en cm, ajustados a la profundidad de los horizontes), indicaciones de si la muestra es para determinar la MO o la densidad aparente (en este último caso, hay que indicar el volumen de la muestra).

Una vez recogidas todas las muestras, estas se enviarán a laboratorio.

4. FRECUENCIA Y ÉPOCA DE MUESTREO

El COS puede variar en función de la estación del año, por lo cual hay que tomar las muestras siempre en la misma época del año (no más de un mes de desviación entre el día del medio de las diferentes rondas de muestreo) y cuando la actividad biológica sea mínima. También se recomienda evitar los muestreos en periodos secos para facilitar la presa de muestras, y tampoco hacerlos en días en que el suelo esté encharcado. En caso de que el suelo haya sido perturbado (labrado, fertilizado, etc.), también se recomienda dejar pasar unos 3 meses antes de tomar las medidas.

Se recomienda que los muestreos se hagan, como mínimo, cada 4 años.

5. PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Una vez las muestras lleguen a laboratorio, se tendrán que preparar para hacer el **análisis**, que consistirá en:

- **Separar los elementos gruesos de la tierra fina** ($<2\text{ mm}$) de cada una de las muestras mediante un **tamizado**, que en el caso de las muestras para determinar la densidad aparente se hará una separación en bañado a fin de precisar los resultados. Hay que remarcar que a las muestras compuestas que se envían al laboratorio para analizar el COS ya se los pueden haber retirado los elementos gruesos, como piedras, durante el momento de recogida en campo.

- **Secar** las muestras.
- **Pesar** las dos fracciones de las muestras (tierra fina y elementos gruesos), solo para las muestras destinadas al cálculo de la densidad aparente.
- **Analizar el COS**, el que se refiere al porcentaje de carbono orgánico contenido en la fracción de la tierra fina de cada muestra. Se analizará a las muestras compuestas y no a las muestras para determinar la densidad aparente. El porcentaje COS normalmente se determina a partir del porcentaje de materia orgánica (en adelante, MO) contenido a la fracción de la tierra fina de cada muestra. No hay un método único, pero hay algunas metodologías ampliamente utilizadas y aceptadas, como el método de oxidación húmeda siguiendo los protocolos GLOSOLAN, y el método de combustión seca de DUMAS. Se recomienda, pero, aplicar siempre el mismo método y llevar las muestras siempre al mismo laboratorio.

Los **resultados del laboratorio** tendrían que reflejar, como mínimo, la información siguiente:

- Porcentaje de MO o CO de la tierra fina de cada muestra compuesta analizada, a excepción de las muestras recogidas para el cálculo de la densidad aparente.
- Peso en seco de las dos fracciones (tierra fina y elementos gruesos) de las muestras recogidas para el cálculo de la densidad aparente.

6. PROCESAMIENTO DE DATOS PARA DETERMINAR EL CARBONO ORGÁNICO AL SUELO

Lo **procesamiento de los datos** para determinar el COS del área de un proyecto será el siguiente:

- **Cálculo de la densidad aparente de las muestras compuestas:** por un intervalo de profundidad concreto, el cálculo del COS de cada muestra compuesta dependerá de su densidad aparente, la que resultará de la media de las densidades aparentes individuales de las diferentes medidas tomadas (mínimo 3). La densidad aparente de cada medida se refiere al cociente entre el peso seco total de la muestra (elementos gruesos y tierra fina) y el volumen de la medida tomada (lo del núcleo u hoyo, en función del método empleado). Habrá tantas densidades aparentes individuales como muestras tomadas (no se tienen que confundir con las muestras compuestas).

La densidad aparente mediana de cada muestra compuesta se determinará de forma individual por cada uno de los intervalos de profundidad medurados (ajustados a la profundidad de los horizontes).

- **Cálculo de la fracción en pes de elementos gruesos (>2 mm) de las muestras compuestas:** por un intervalo de profundidad concreto, el cálculo del COS de cada muestra compuesta también dependerá de su fracción de elementos gruesos, la que resultará de la media de las fracciones de elementos gruesos individuales de las diferentes medidas tomadas (mínimo 3). La fracción de elementos gruesos de cada medida se refiere al cociente entre el peso seco de los elementos gruesos (>2 mm) y el peso seco total de la medida tomada (elementos gruesos y tierra fina). Habrá tantas fracciones de tierra fina individuales como muestras tomadas (no se tienen que confundir con las muestras compuestas).

La fracción de elementos gruesos mediana de cada muestra compuesta se determinará de forma individual por cada uno de los intervalos de profundidad medurados (ajustados a la profundidad de los horizontes).

- **Cálculo del COS de la muestra compuesta:** por un intervalo de profundidad concreto, el cálculo del COS de cada muestra compuesta se obtendrá aplicando las ecuaciones siguientes:

$$\text{EQ1. } C_{tf} (\%) = \frac{MO_{tf} (\%)}{1,72}$$

$$\text{EQ2. } \text{COS} \left(\frac{t}{ha} \right) = 100 \times \frac{C_{tf} (\%)}{100} \times DA (\text{g/cm}^3) \times \frac{100 - EG (\%)}{100} \times P (\text{cm})$$

Dónde:

- $C_{tf} (\%)$: concentración de COS contenido en la tierra fina de la muestra compuesta. Se puede dar el caso que el laboratorio ofrezca directamente el valor de C_{tf} hecho que no requeriría hacer la conversión de MO a COS.
- $MO_{tf} (\%)$: concentración de materia orgánica contenida en la tierra fina de la muestra compuesta. El valor de MO se habrá obtenido en el laboratorio, salvo que este ofrezca directamente el valor de C_{tf} .
- COS (t/ha): carbono orgánico del suelo de la muestra compuesta.
- DA (g/cm^3): densidad aparente de la muestra compuesta. Es decir, cociente entre el peso total de la muestra (elementos gruesos y tierra fina) y el volumen de la medida tomada (lo del núcleo u hoyo, en función del método empleado).
- EG (%): fracción en peso de elementos gruesos de la muestra compuesta.



- P (cm): profundidad del intervalo de suelo muestreado.

El COS de cada muestra compuesta se determinará de forma individual por cada uno de los intervalos de profundidad medidos (ajustados a la profundidad de los horizontes).

- **Cálculo del COS de la zona homogénea:** por un intervalo de profundidad concreto, el cálculo del COS de la zona homogénea resultará de la media del COS del conjunto de muestras compuestas que se hayan tomado dentro de la zona homogénea.

El COS de cada zona homogénea se determinará de forma individual por cada uno de los intervalos de profundidad medidos (ajustados a la profundidad de los horizontes). Se tendrá que mostrar la desviación de los valores de COS.

Finalmente, de la suma del COS de cada intervalo de profundidad resultará el COS total de la zona homogénea.

- **Cálculo del COS del área del proyecto:** de la suma del COS total de todas las zonas homogéneas que engloba el proyecto resultará el COS total del área del proyecto.

Una vez obtenida el carbono, se hará la conversión a CO₂ multiplicándolo por 3,67, derivado de la proporción entre el peso de la molécula de CO₂ y el peso del átomo de C.

Los **datos obtenidos serán introducidos a la Hoja de cálculo de análisis estadísticos del carbono orgánico del suelo** y se presentarán al servicio competente en materia de cambio climático. Estos datos podrán ser recopiladas y procesadas con fines científicos, especialmente para poder comprobar si los resultados son estadísticamente significativos.

7. SITUACIÓN DEL STOCK DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO DE LAS ILLES BALEARNS

Tiempo atrás, la reconversión de zonas forestales en tierras agrícolas supuso una reducción del stock de carbono orgánico de los suelos. Sin embargo, el abandono de las zonas agrícolas que sufrieron las Illes Balearns hacia mitad del siglo pasado, especialmente a causa de la baja rentabilidad de estas actividades y del auge de la actividad turística, supusieron cambios en los usos del suelo y se han traducido en variaciones de su contenido de carbono (Rodríguez Martín et al., 2016).

Como valores de referencia de los stocks de carbono de las Illes Balearns, se pueden mencionar los resultados de algunos estudios que tratan de hacer estimaciones de los stocks del carbono al suelo para todo el ámbito estatal. A pesar de ser más reciente el *Mapa del carbono orgánico de los suelos de España* (MAGRAMA, 2022), solo se basa en valores de 7 parcelas de muestreo para todas las Baleares, por la que cosa se muestran a continuación como valores de referencia los de otro estudio que, a pesar de ser del 2016, trata valores de 43 parcelas de muestreo (Rodríguez Martín et al., 2016):

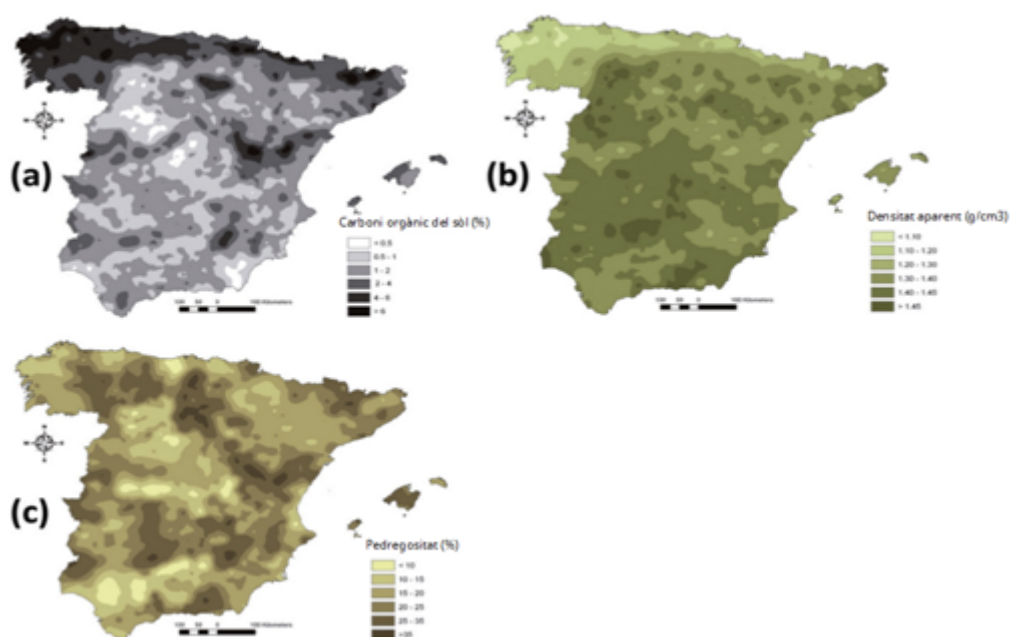


Figura 3. Valores de referencia de carbono orgánico (%), pedregosidad y densidad aparente de España. Fuente: Rodríguez Martín et al. (2016).

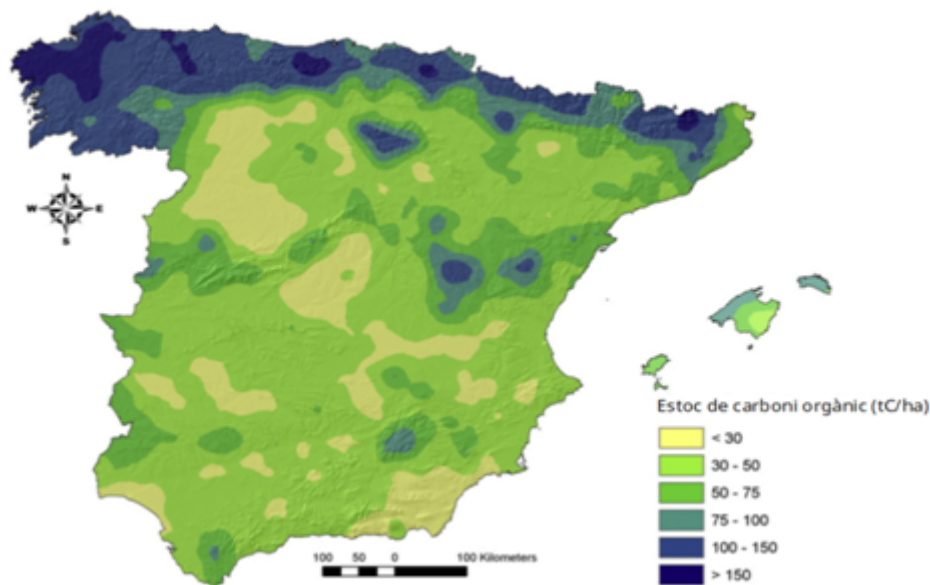
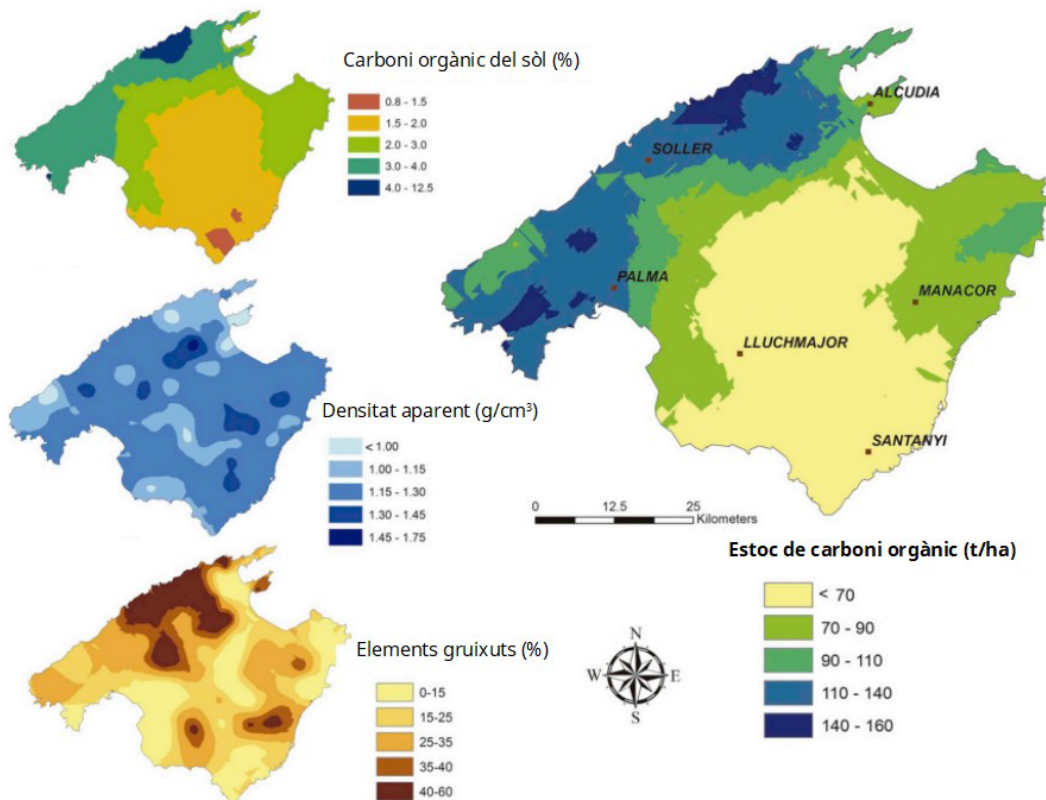


Figura 4. Valores de referencia del stock de carbono orgánico al suelo de España (0-30 cm). Fuente: Rodríguez Martín et al. (2016).

Además, existe un estudio que evalúa los stocks de carbono en el suelo para el ámbito territorial concreto de la isla de Mallorca. Los valores de referencia que muestra son los siguientes:



<https://www.caib.es/eboibfront/pdf/es/2025/37/1185658>

Figura 5. Valores de referencia del stock de carbono orgánico en el suelo de la isla de Mallorca (0-30 cm). Fuente: Rodríguez Martín et al. (2019).

Cómo se puede observar en las figuras anteriores, los mayores stocks de carbono orgánico en el suelo coinciden con las zonas más húmedas y con mayor cobertura forestal, y destaca especialmente el ámbito territorial de la Sierra de Tramuntana.

8. RECOPIACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS QUE PUEDEN CONTRIBUIR A INCREMENTAR EL CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO Y FACTORES DE ABSORCIÓN VINCULADOS

Existe un gran abanico de buenas prácticas que pueden contribuir a mantener o incrementar los stocks de carbono orgánico de los suelos, entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

- Triturar la paja de los cultivos de gramíneas y leguminosas.
- Aplicar fertilizantes orgánicos, como compuesto o basuras.
- Minimizar la alteración del suelo, por ejemplo, aplicando la siembra directa.
- Triturar restos de poda o restos vegetales derivados de los tratamientos silvícolas, para evitar la crema.
- Establecer cubiertas vegetales espontáneas o sembradas.

En cualquier de los casos, se estima que **solo un 20 % del carbono contenido a las fracciones orgánicas que se apliquen al suelo (restos de poda, cubiertas vegetales, fertilizantes orgánicos, etc.) se quedará retenido**, mientras que el 80 % restante devolverá a la atmósfera en forma de emisiones durante su proceso de descomposición (Voroney et al., 1989). Es por eso que, **en caso de que se hagan aportaciones de elementos orgánicos, habrá que conocer las propiedades básicas para poder hacer las estimaciones** de cómo pueden contribuir a incrementar el carbono orgánico del suelo, como podría ser una analítica de las propiedades del compuesto (% de materia seca, % de materia orgánica, % de nitrógeno, etc.).

Por otro lado, **en caso de que se apliquen fertilizantes orgánicos, se tendrá que planificar la aplicación en función de las necesidades de los cultivos y se tendrán que tener en cuenta las limitaciones en relación con la contaminación por nitratos**, como por ejemplo la Resolución de la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación, de 29 de julio de 2020, por la cual se aprueba el programa de actuación aplicable a las zonas declaradas vulnerables en relación con la contaminación por nitratos de origen agrario en las Illes Balears.

La bibliografía disponible relacionada con la materia es muy diversa y ofrece unos factores de absorción atribuibles a buenas prácticas que se pueden implementar para incrementar el carbono orgánico del suelo, los cuales han sido recopilados a las tablas que se muestran más adelante. Hay que comentar, pero, que son valores de referencia y que pueden variar en función del tipo de suelo y su capacidad de saturación de carbono, la climatología, etc.

En cuanto al potencial del incremento del carbono orgánico en el suelo derivado de la incorporación de restos de cosecha de especies herbáceas de carácter hortícola, se han recopilado los valores de referencia de las absorciones que ofrece Mota et al. (2011) para las especies hortícolas de puerto herbáceo en regadío, ya sea en la raíz, tallo y hojas. Hay que tener en cuenta que de estas absorciones, según Voroney et al. (1989), se estima que solo un 20% de la fracción orgánica (raíz, tallo y/u hojas) que se mantenga a la parcela se fijará en forma de carbono orgánico, mientras que el resto se escapará a la atmósfera en forma de emisiones. Estos valores se muestran en la Tabla 1 y se representan gráficamente en el Gráfico 1.

En cuanto al potencial de incremento del carbono orgánico al suelo derivado de la implementación de buenas prácticas agrícolas, algunas de las cuales estarán condicionadas por las aportaciones de nitrógeno que puedan suponer, se han tenido en cuenta las consideraciones siguientes a la hora de hacer los cálculos:

- **Aplicación de orujo de aceituna compostado:** el contenido de carbono orgánico que le atribuye el MAPAMA (2018), se ha considerado que, según Voroney et al. (1989), solo un 20% de este quedará fijado al suelo. El resultado se ha multiplicado por 3,67 para hacer la conversión a CO₂. El valor de referencia de nitrógeno se ha considerado el mismo que ofrece el MAPAMA (2018).
- **Aplicación de brisas y madres de uva compostadas:** el contenido de carbono orgánico que le atribuye Requejo et al. (2014), se ha considerado que, según Voroney et al. (1989), solo un 20% de este quedará fijado en el suelo. El resultado se ha multiplicado por 3,67 para hacer la conversión a CO₂. El valor de referencia de nitrógeno se ha considerado el mismo que ofrece Requejo et al. (2014).
- **Aplicación de estiércol y/o purines (cerdo, vacuno, ovino/cabrano, avícola), lodos de depuradora y residuos sólidos urbanos compostados:** el contenido de carbono orgánico que le atribuye el MAPAMA (2018), se ha considerado que, según Voroney et al. (1989), solo un 20% de este quedará fijado al suelo. El resultado se ha multiplicado por 3,67 para hacer la conversión a CO₂. El valor de referencia de nitrógeno se ha considerado el mismo que ofrece el anexo de la Ley 3/2019, de 31 de enero, agraria de las Illes Balears.
- **Trituración de restos de poda (olivar, viña, almendral y cítricos):** el rendimiento de producción de materia seca que le atribuye el MAPAMA (2018), se ha determinado su contenido de carbono orgánico según los coeficientes que les atribuye lo MITECO (2014). Además, se ha considerado que, según Voroney et al. (1989), solo un 20% de este quedará fijado al suelo. El resultado se ha multiplicado por 3,67 para hacer la conversión a CO₂. El valor de referencia de nitrógeno se ha considerado el mismo que ofrece el IPCC (2006).
- **Incorporación de restos de cosecha tipo paja o rastrojo en secano (trigo, cebada, avena, triticale, habas, garbanzos y guisantes):** se ha calculado la media anual de producción para el periodo 2020-2022 que ofrece el IRFAP (2022) y, considerando la



relación grano (1)/paja (0,7)/rastrajo (0,3) que propone MAPAMA (2018), se ha obtenido la producción de cada una de las fracciones vegetales. A estas, se han aplicado los coeficientes que ofrece el MITECO (2014) para determinar el contenido de materia seca y, a partir de este, su contenido de carbono. Los resultados han sido convertidos a CO₂ multiplicándolos por 3,67. Los valores de referencia de nitrógeno también se han considerado los que ofrece lo MITECO (2014).

- **Aplicación de siembra directa, labrada al mínimo y establecimiento de cubiertas vegetales entre hileras de árboles:** se han considerado los mismos factores de absorción que ofrecen Álvaro-Fuentes i Cantero Martínez (2010), MAPAMA (2018) y Aguilera et al. (2013), respectivamente. Los valores se han convertido a CO₂ multiplicándolo por 3,67.

Los resultados del potencial de incremento del carbono orgánico al suelo derivado de la aplicación de las buenas prácticas agrícolas comentadas anteriormente se muestran a la Tabla 2 y se representan gráficamente en los Gráficos 2 y 3.

Especie	Absorciones acumuladas estimadas para especies herbáceas			
	Absorciones por especies hortícolas de regadío (g CO ₂ /pie i año) ^A			
	Raíz	Tallo	Hojas	Total
Brócoli Naxos (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>)	63,4	149,20	9,90	222,50
Brócoli Parthenon (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>)	65,3	95,70	16,90	177,90
Alcachofera (<i>Cynara scolymus</i>)	429,40	568,30	629,20	1626,90
Coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>)	29,00	31,90	167,60	228,50
Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	26,00	17,60	86,20	129,80
Lechuga mantecosa (<i>Lactuca sativa</i>)	18,70	8,10	28,60	55,40
Melón (<i>Cucumis melo</i>)	7,30	165,40	121,00	293,70
Pimiento (<i>Capsicum annuum</i>)	48,00	402,60	349,10	799,70
Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	11,73	411,00	444,00	866,73
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	32,30	440,00	255,00	727,30

Aclaramiento: los valores de absorción hacen referencia a la parte vegetal pero, como se trata de plantas anuales, se tendrá en cuenta que, según Voroney et al. (1989), solo un 20% de la absorción conseguida para la fracción vegetal que se incorpora en el suelo se fija al mismo como carbono orgánico, mientras que el resto se escapa a la atmósfera en forma de emisiones.

Tabla 1. Absorciones acumuladas para especies herbáceas. Fuente: ^AMota et al. (2011).



Gráfico 1. Absorciones acumuladas estimadas en 1 año por especies hortícolas en regadío. Fuente: elaboración propia.

Buena práctica	Incremento del carbono orgánico en el suelo con la implementación de buenas prácticas agrícolas		
	Potencial de mitigación ^A	Ud.	Otros datos de interés (sobre materia seca)
Aplicación de orujo de aceituna compostada	0,23	t CO ₂ /t de orujo aplicado	Contenido de nitrógeno: 0,98% ^D Contenido de carbono orgánico: 30,7% ^D





Aplicación de hollejos y madres del vino compostadas	0,25	t CO ₂ /t de hollejos y madres aplicados	Contenido de nitrógeno: 3,3% ^F Contenido de carbono orgánico: 33,7% ^F
Aplicación de estiércol y/o purines de porcino compostado	0,02	t CO ₂ /t de estiércol y/o purines aplicados	Contenido de nitrógeno: 0,28% ^C Contenido de carbono orgánico: 3,3% ^D
Aplicación de estiércol y/o purines de vacuno compostado	0,08	t CO ₂ /t de estiércol y/o purines aplicados	Contenido de nitrógeno: 0,94% ^C Contenido de carbono orgánico: 11% ^D
Aplicación de estiércol y/o purines de ovino/caprino compostado	0,17	t CO ₂ /t de estiércol y/o purines aplicados	Contenido de nitrógeno: 1% ^C Contenido de carbono orgánico: 22,8% ^D
Aplicación de estiércol y/o purines avícola compostado	0,26	t CO ₂ /t de estiércol y/o purines aplicados	Contenido de nitrógeno: 2,2% ^C Contenido de carbono orgánico: 36% ^D
Aplicación de lodos de depuradora compostados	0,19	t CO ₂ /t de lodos aplicados	Contenido de nitrógeno: 1,88% ^C Contenido de carbono orgánico: 26% ^D
Aplicación de residuos sólidos urbanos compostados	0,15	t CO ₂ /t de residuos sólidos urbanos aplicados	Contenido de nitrógeno: 1,2% ^C Contenido de carbono orgánico: 20,5% ^D
Trituración de restos de poda en el olivar	0,73	t CO ₂ /ha olivar podado	Contenido de nitrógeno: 0,39% ^B Contenido de carbono orgánico: 50% ^E
Trituración de restos de poda en el viñedo	0,92	t CO ₂ /ha de viña podada	Contenido de nitrógeno: 0,36% ^B Contenido de carbono orgánico: 45% ^E
Trituración de restos de poda en el almendral	0,50	t CO ₂ /ha almendral podado	Contenido de nitrógeno: 0,36% ^B Contenido de carbono orgánico: 57% ^E
Trituración de restos de poda en cítricos	0,69	t CO ₂ /ha de cítricos podados	Contenido de nitrógeno: 0,2% ^B Contenido de carbono orgánico: 55% ^E
Incorporación de restos de cosecha de trigo en seco (paja y rastrojo)	0,38/0,16	t CO ₂ /ha de cosecha de trigo en seco	Contenido de nitrógeno: 0,25% ^E Contenido de carbono orgánico: 41,25% ^E
Incorporación de restos de cosecha de cebada en seco (paja y rastrojo)	0,29/0,12	t CO ₂ /ha de cosecha de cebada en seco	Contenido de nitrógeno: 0,43% ^E Contenido de carbono orgánico: 38,82% ^E
Incorporación de restos de cosecha de avena en seco (paja y rastrojo)	0,09/0,04	t CO ₂ /ha de cosecha de avena en seco	Contenido de nitrógeno: 0,7% ^E Contenido de carbono orgánico: 37,89% ^E
Incorporación de restos de cosecha de triticale en seco (paja y rastrojo)	0,25/0,11	t CO ₂ /ha de cosecha de triticale en seco	Contenido de nitrógeno: 0,28% ^E Contenido de carbono orgánico: 41,25% ^E
Incorporación de restos de cosecha de habas en seco (paja y rastrojo)	0,16/0,07	t CO ₂ /ha de cosecha de habas en seco	Contenido de nitrógeno: 2,9% ^E Contenido de carbono orgánico: 41,92% ^E
Incorporación de restos de cosecha de garbanzos en seco (paja y rastrojo)	0,12/0,05	t CO ₂ /ha de cosecha de garbanzos en seco	Contenido de nitrógeno: 2,9% ^E Contenido de carbono orgánico: 41,92% ^E

<https://www.caib.es/eboibfront/pdf/es/2025/37/1185658>



Incorporación de restos de cosecha de guisantes en secano (paja y rastrojo)	0,19/0,08	t CO ₂ /ha de cosecha de guisantes en secano	Contenido de nitrógeno: 2,9% ^G Contenido de carbono orgánico: 41,92% ^G
Aplicación de siembra directa	0,84	t CO ₂ /ha y año de siembra directa	-
Aplicación de laboreo mínimo	0,40	t CO ₂ /ha y año de laboreo mínimo	-
Establecimiento de cubiertas vegetales entre hileras de árboles	0,99	t CO ₂ /ha y año de cubierta vegetal	-

Aclaramiento: el valor del potencial de mitigación tiene en cuenta que, según Voroney et al. (1989), solo un 20% de la materia orgánica aplicada en el suelo se fija el mismo como carbono orgánico, mientras que el resto se escapa a la atmosfera en forma de emisiones.

Tabla 2. Incremento del carbono orgánico al suelo con la implementación de buenas prácticas agrícolas. Fuente: ^Aelaboración propia, ^BYPCC (2006), ^CLey 3/2019, ^DMAPAMA (2018), ^EMITECO (2014) y ^FRequejo et al. (2014).



Gráfico 2. Incremento del carbono orgánico al suelo con la implementación de buenas prácticas agrícolas (A). Fuente: elaboración propia.



Gráfico 3. Incremento del carbono orgánico al suelo con la implementación de buenas prácticas agrícolas (B). Font: elaboración propia.



BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, E.; Lassaletta, L.; Gattinger, A.; Gimeno, B. (2013). *Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis Agriculture, Ecosystems & Environment* 168, 25-36.

[en línea] <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003>> [Consulta: 2 diciembre 2024]

Álvaro-Fuentes, J.; Cantero-Martínez, C. (2010). *Short communication. Potential to mitigate anthropogenic CO2 emissions by tillage reduction in dryland soils of Spain*. Spanish Journal of Agricultural Research 8, 1271-1276.

[en línea] <<https://doi.org/10.5424/sjar/2010084-1240>> [Consulta: 2 diciembre 2024]

FAO. (2020). *A protocolo for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocolo*. Rome.

[en línea] <<https://doi.org/10.4060/cb0509en>> [Consulta: 2 diciembre 2024]

FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma.

[en línea] <<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/a0541s>> [Consulta: 2 diciembre 2024]

IPCC (2006). *Cuadro 11.2. Factores de efecto para la estimación del nitrógeno agregado a los suelos a partir de residuos agrícolas de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (volumen 4, capítulo 11).

[en línea] <Publications - IPCC-TFI> [Consulta: 2 diciembre 2024]

IRFAP (2022). *Estadísticas Agrarias-Pesqueras*.

[en línea] <https://www.caib.es/sites/irfap/ca/publicacion_2022/> [Consulta: 2 diciembre 2024]

MAGRAMA (2022). *Mapa del carbono orgánico del suelo en España: estimación a partir de los datos del Inventario Nacional de Erosión de Suelos*. Ministerio para la Transición Ecológica y lo rindo Demográfico.

[en línea] <https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/libro_mapadelcarbono_v311_tcm30-552615.pdf> [Consulta: 2 diciembre 2024]

MAPAMA (2018). *Iniciativa 4 mil: el carbono orgánico del suelo como herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático en España*.

[en línea] <https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/4por1000_tcm30-438109.pdf> [Consulta: 2 diciembre 2024]

MITECO (2014). Tublando 10.3.1. Parámetros relativos a la quema de residuos de cultivos. Capítulo 10 del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Edición 2014 (1990 – 2012). [en línea] <CAPÍTULO 10:> [Consulta: 2 diciembre 2024]

Mota, C.; Alcaraz-López, Carlos; Iglesias, M.; Martínez-Ballesta, M Carmen; Carvajal, Micaela. (2011). *Absorción de CO2 en los cultivos más representativos de la Región de Murcia*. Hortic. Global. 294. 58-63.

[en línea] <https://www.researchgate.net/publication/285295502_absorcion_de_co2_por_los_cultivos_mas_representativos_de_la_region_de_murcia> [Consulta: 2 diciembre 2024]

Requejo, M.I.; Cabello, M.J.; Castellanos, M.T.; Cartagena, M.C.; Arce, A.; Villena, R.; Ribas Elcorrobarrutia, F. (2014). *Utilización del compuesto de orujo de uva en el cultivo de melón en Castilla-La Mancha*. Vida rural, v. 381, p. 60-66.

[en línea] <https://oa.upm.es/35630/1/inve_mem_2014_174491.pdf> [Consulta: 2 diciembre 2024]

Rodríguez Martín, J.A., Álvaro-Fuentes, J., Gonzalo, J., Gil, C., Ramos-Miras, J.J., Grau Corbí, J.M., Boluda, R., (2016). *Assessment of the soil organic carbon stock in Spain*. Geoderma 264 (Parte A), 117–125.

[en línea] <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.10.010>> [Consulta: 2 diciembre 2024]

Rodríguez Martín, J.A., Álvaro-Fuentes, J., Luis Gabriel, J., Gutiérrez, C., Nanos, N., Escuer, M., Ramos-Miras, J.J., Gil, C.,

Martín-Lammerding, D., Boluda, R., (2019). *Soil organic carbon stock donde the Majorca Island: Temporal change in agricultural soil over the last 10 years*. Catena. Elsevier BV.

[en línea] <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104087>> [Consulta: 2 diciembre 2024]

Voroney, R.P.; Paul, E.A.; Anderson, D.W. (1989). *Decomposition of wheat straw and stabilization of microbial products*. Canadian Journal of Soil Science, 69, 63-77.

[en línea] <<https://doi.org/10.4141/cjss89-007>> [Consulta: 2 diciembre 2024]

